

## 研究報告

ジュニア期の野球選手に対する最大等尺性収縮の活動後増強による  
バットスイング速度向上効果の検証内藤 法永<sup>1)</sup>Verification of bat swing velocity improvement effect by Post-activity Potentiation of  
maximum isometric contraction for junior baseball players.

Norihiro NAITO

## 1. はじめに

野球という競技では、投手がピッチャーマウンドから18.44m離れたホームベースまで130km/hのボールを投げた場合、およそ0.4～0.5秒という短時間で捕手にボールが到達する。一流成人打者のバットスイングにかかる時間は0.19～0.28秒であり<sup>(9)</sup>、そのため上記の場合では投手のボールリリース後0.3秒以内に球種や球速、コースを判断し、スイングの意志を決定しなければならない<sup>(11)</sup>。これらのバッティングのための認知情報処理に多くの時間を使うことができればできるほど、打者にとっては有利になると考えられる。Breen (1967) は、決断時間の延長ができれば、ボールをインパクトする位置より正確に予測することができるとし、バッティング能力に優れる選手ほどバットスイング速度 (Bat Swing Velocity 以下BSV) が速いとも述べている<sup>(2)</sup>。またAdair (2002) は、BSVが速い選手は打球速度も速いと報告している<sup>(1)</sup>。よって、野球においてBSVを速くすることが打者の競技力を上げるために重要であると考えられる。また笠原ら (2012) は、大学野球選手を対象にした研究において、BSVと体重との間に有意な相関関係が認められ、除脂肪体重とBSV

の間にはさらに有意な相関関係が認められたとしている<sup>(5)</sup>。また、このうちBSVの結果が優れていた上位11名中7名(72.7%)が大学野球卒業後も高いレベルで野球を続ける結果となったことを報告している<sup>(5)</sup>。筒井ら (2011) は 高校野球選手、大学野球選手、プロ野球選手、MLB選手の身体組成および本塁打の比率について調査しており、体重は高校野球選手、大学野球選手、社会人野球選手に比べてプロ野球選手、MLB選手の方が高値を示していたと報告している<sup>(12)</sup>。また野球選手の体重増加は、主に筋量の多さによるものであるとの報告<sup>(4)</sup>もあることから、競技レベルが上がるにつれて各選手がもつ筋量が増えていくと考えられる。また、本塁打率においては高校野球選手、大学野球選手に比べて社会人野球選手、さらにはプロ野球選手、MLB選手の方が高値を示していたという結果から、笠原らは除脂肪体重が比較的多くBSVが速いという特徴が、より高いレベルである社会人野球やプロ野球に進むことができた一因ではないかと述べている<sup>(5)</sup>。小中学生の時期におけるスポーツの意義や勝敗の重要性について論じることはないが、野球という競技においてより高いBSVを発揮できるようになり、競技パフォーマンスを高めることができれば、動機づけや選手

<sup>1)</sup> 中京大学体育研究所 特任研究員

生活の延長、その後の競技人生や進路にも影響を及ぼすことも考えられる。

BSVは、バットスイング動作の効率化やスイング動作に関わる筋群や神経系のトレーニングと、それに伴う除脂肪体重の増加により向上すると考えられる<sup>(5)</sup>。NSCAは、青少年(第二次性徴前の子供と思春期の若者を含む18歳くらいまでの年代と幅広く定義)のレジスタンストレーニングに対するポジションステイトメントにおいて、適切に計画され、監督されたレジスタンストレーニングプログラムは、参加する子供にトレーニングのストレスに耐えるための心理的および身体的な準備ができていれば、概ね7歳頃からレジスタンストレーニングの実施は可能であるとしている<sup>(8)</sup>。プロ野球やアマチュア野球の強豪チームなどでは、トレーニング環境が比較的整っていることが多く、そこでは適切な負荷を用いたトレーニングができると考えられる。しかし、小中学生の野球チームでは、安定して練習グラウンドを確保することができないチームもあり、望むような環境が揃っていないのが一般的である。したがって、トレーニングでBSVを高めようと考えた際、多くはグラウンドでも行なえる自体重エクササイズや、選手同士で行う徒手抵抗エクササイズに限られ、それらはいずれも実施の価値は大いにあるが、適切な管理と監督、そして過負荷の漸進を常に適切に管理するのが難しい。そこで著者は別のアプローチもあるのではないかと考えている。

活動後増強とは、特定の収縮刺激を与えた後に、力発揮や収縮速度などの身体パフォーマンス特性が増強する神経筋系の現象である。そのメカニズムは脊髄の興奮性電位の増大、高次の運動単位の動員、羽状角の増大の可能性、ミオシン調節軽鎖のリン酸化の亢進、カルシウムイオンに対するアクチン-ミオシン複合体の感受性の向上とクロスブリッジを形成する数と速度の増加などが起こり、それらの効果の消滅よりも収縮刺激を与えたことに伴う疲労の回復が早く進むことで、増強効果が残存すると報告されている<sup>(8)</sup>。

Sale (2002) は、最大等尺性筋力発揮直後に

活動後増強効果による一時的な力発揮速度の増大を報告している<sup>(10)</sup>。樋口ら (2013) は、大学野球選手を対象にワイヤーロープ機器を用いて、バッティング動作を模倣した状態での5秒間の最大等尺性収縮運動直後にBSVが高まったとし、またその後に素振りやティー打撃を8週間 (週3回) にわたり行った結果、BSVの増加が他のトレーニング群よりも有意に認められたと報告している<sup>(3)</sup>。

等尺性収縮運動であれば、先述の樋口らのようなワイヤーロープ機器などがなくとも、固定されたフェンスの鉄柱などを利用することで代用が可能だと考えられる。また、樋口らの研究は大学野球選手を対象としたものであったが、発育発達の最中にある小中学生などのジュニア期の野球選手で同様の効果が得られるかは不明である。そして、もし同様の効果が得られれば、トレーニング環境が揃わないチームにとっては有効な方法となりうる。

そこで本研究は、ジュニア期の野球選手に対する最大等尺性収縮運動後の活動後増強効果が、BSVの増加に貢献するのかを明らかにすることを目的とする。

## 2. 方法

### ・対象

愛知県内のリトルシニアリーグに所属するレジスタンストレーニング経験のない男子野球選手に対して、最大等尺性収縮運動後の休息時間の違う二つの実験を行った (表1)。

### ・測定日および環境

実験Ⅰおよび実験Ⅱにおける測定は、それぞれ

表1：被験者の形態特性

	実験Ⅰ	実験Ⅱ
N	20	17
年齢 (歳)	13.2±1.3	13.8±0.8
身長 (cm)	158.7±10.4	153±10.6
体重 (kg)	51.1±14.5	51.7±13.1
BMI	22.4±3	21.6±3.1

表2：測定日一覧

	1回目	2回目	3回目
実験Ⅰ	2017年12月17日	2018年1月27日	2018年2月12日
実験Ⅱ	2018年7月22日	2018年9月24日	2018年10月27日

れ3回ずつ日を分けて晴天の日に土のグラウンドにて行った（表2）。

#### ・測定機器

BSVの測定には、比較的安価で計測可能なマイクロ波レーダー方式を使用した測定器「NEW RED EYES POCKET（PRGR社製）」を三脚に固定し、地上からの高さ80cm、測定器の先端を被験者のバットを構えた姿勢の胴体から約1.5m離し、測定器のセンサーの向きをホームプレートに対して垂直に交わるように設置した（図1）。

正確な値を計測するために、被験者には実践的かつ再現性が高い通常通りのスイングで、スイングの目標方向が計測方向に一致するように“ピッチャー返し”を意識させた。被験者は、数回同じ手順の試技を別の日にも行っていた。今回の実験に際し、被験者および現場の技術指導者には手順や実施に対する了承を得た。

#### ・実験Ⅰおよび実験Ⅱの手順

##### ① 通常のウォームアップ後のBSV測定

日常的に行っている約20分の野球選手用のウォーミングアップの後に、標準的な重さの中学生硬式野球用バット（SSK社製、83cm、780g）を用いて、最大努力での従来通りのバットス

イング（Standard Bat Swing 以下SBS）を3回測定し、そのうちの最高値を採用した。スイング間の休息時間は5秒とし、被験者は試技ごとにモニターに映った測定値を確認することができた。

##### ② 活動後増強の刺激となる最大等尺性収縮運動の実施

被験者は、固定されたフェンスの鉄柱をバティング開始姿勢を模倣した形で握り、最大努力での等尺性収縮によるスイング動作を行った。ここでは最大努力での等尺性収縮を最大等尺性収縮、つまりは随意最大収縮（以下MVC）と定義する。MVC実施時間とセット数は樋口らの方法<sup>(3)</sup>に倣って5秒×2セット、投手側の手から片手ずつ交互に行い、各セット間の休息時間は5秒とした。指示や掛け声によって力と力発揮速度を最大限に引き出せることが示唆されている点<sup>(9)</sup>から、被験者には開始前から実施中にかけてできるだけ速く、できるだけ強く鉄柱を引くように指示し続けた。

##### ③ MVC後のBSV（Post-MVC）測定

MVCの後に実験Ⅰと実験Ⅱでそれぞれ設定された休息時間をはさみ、再度最大努力でのバットスイングにおけるBSVを3回測定し、そのうちの最高値を採用した。スイング間の休息時間は5秒で、被験者は試技ごとにモニターに映った測定値を確認することができた。

#### ・二つの実験における休息時間の違い

実験ⅠではMVC後の休息時間を1分、実験Ⅱでは5分に設定した。休息時間中に素振りをすることが許されていたが、疲労の回復を妨げない程度で行われた。

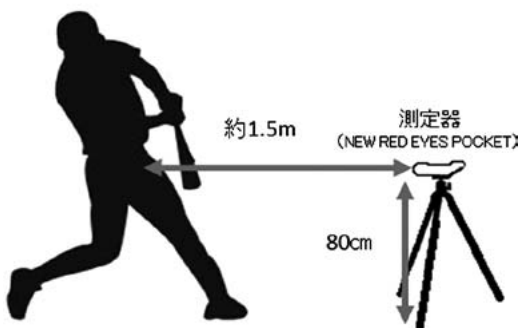


図1：バットスイング速度（BSV）測定の様子

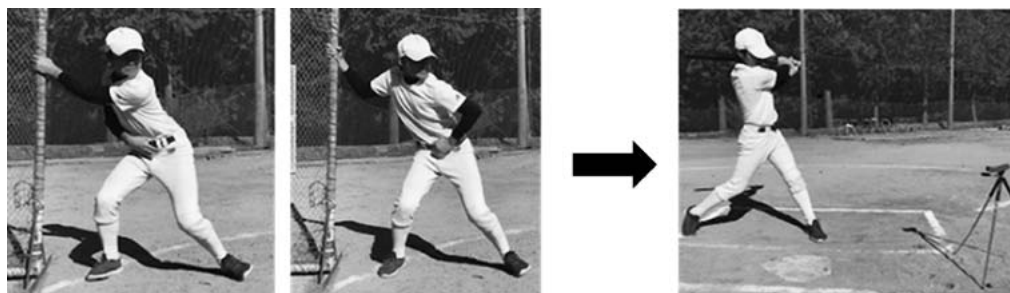


図 2：測定手順②と③の様子

### ・統計分析

実験Ⅰと実験Ⅱにおける各回のSBSでのBSV平均値と、MVC後のBSV平均値（Post-MVC）の差が統計的に有意かを確かめるために、Microsoft Excelの分析ツールにより有意水準5%で両側検定の対応のあるt検定を行った。

## 3. 結果

### （実験Ⅰ）

1回目と2回目の測定において、SBSの平均値に対して有意にPost-MVCの平均値が低下した（ $p < 0.05$ ）。3回目では、有意差はないが、平均値においては低下の傾向を示した（図3、表3）。

### （実験Ⅱ）

1回目では、有意差はないがPost-MVC平均値では増加の傾向を示した。2回目と3回目の測定では、有意差はないが、平均値においては低下の傾向を示した（図4、表4）。

## 4. 考察

今回の実験では、野球のBSVの向上を狙って固定されたフェンスの鉄柱に対して、バッティ

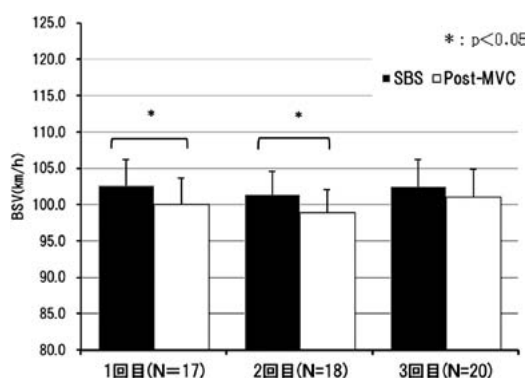


図 3：実験Ⅰにおける各回のBSV平均値

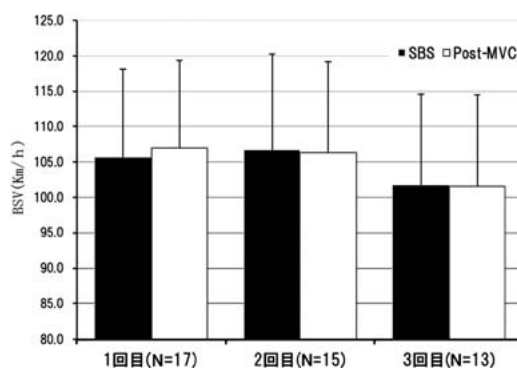


図 4：実験Ⅱにおける各回のBSV平均値

表 3：実験Ⅰにおける2種類のBSVと差および記録向上者数

	SBS (km/h)	Post-MVC (km/h)	Change in BSV (km/h)	Improved (N)
1回目	102.6 ± 14.9	100.1 ± 14.9*	-2.5	2/17
2回目	101.4 ± 13.6	98.9 ± 13.6*	-2.5	1/18
3回目	102.5 ± 17.3	101.1 ± 16.6	-1.4	4/20

\* :  $p < 0.05$

表4：実験Ⅱにおける2種類のBSVと差および記録向上者数

	SBS (km/h)	Post-MVC (km/h)	Change in BSV (km/h)	Improved (N)
1回目	105.7 ± 12.4	107.0 ± 12.3	1.3	11/17
2回目	106.7 ± 13.5	106.3 ± 12.8	-0.4	6/15
3回目	101.8 ± 12.8	101.5 ± 13.0	-0.3	4/13

ング開始動作を模倣した形での等尺性最大収縮運動後の活動後増強の効果を検証するために、2種類の休息時間を設定して試技を行った。結果は、実験Ⅰでは増強効果を得どころか、全被験者の80%以上が低値を示した。

休息時間を5分とした実験Ⅱにおいても、1回目では17名中11名と全被験者の64%が高値を示したが、2回目と3回目では高値を示したのは全被験者の30~40%までに留まった。

Wilson JMら(2013)は、活動後増強に関するメタ分析において、トレーニング経験や筋力レベルで増強効果が異なり、疲労回復に必要な

時間、効果消失までの時間も異なることを示している<sup>(13)</sup>、表5、図5)。この報告の中では、もっとも活動後増強の効果を得ることができるのは3年以上のトレーニング経験をもち、かつ競技レベル、筋力レベルも高い男子選手(effect size: 0.42 & 0.81)が、下半身の動的エクササイズ(effect size: 0.42)で、60~84% 1RMの負荷(effect size: 1.06)を用いて、3分~7分の休息時間(effect size: 0.70)を挟んで、複数セット(effect size: 0.66)行った場合となる。この報告にあてはめると、筋力トレーニング未経験で筋力も低いジュニア期の選手はUntrained

表5：被験者の身体的特性、トレーニングレベル、収縮様式、負荷、休息時間などの違いによる効果量の違い(Wilson. JM et.al 2013)

Overall	Mean (95% CI)	N	
	0.38 (0.21, 0.55)	141	
Moderators			
Gender			
Male	0.42 (0.23, 0.61)	113	$p > 0.05$
Female	0.20 (-0.31, 0.71)	16	
Male and female	0.21 (-0.38, 0.79)	12	
Age			
< 25 y	0.38 (0.21, 0.55)	141	
Training status			
Untrained	0.14 (-0.27, 0.57)	25	$p < 0.05$
Trained	0.29 (0.03, 0.55)	68	
Athletes	0.81 (0.44, 1.19)	32	
Conditioning activity			
Dynamic low body	0.42 (0.22, 0.61)	107	$p > 0.05$
Static lower body	0.35 (-0.19, 0.89)	14	
Dynamic upper body	0.17 (-0.28, 0.63)	20	
Intensity (%1 RM)			
Moderate (60 - 84%)	1.06 (0.54, 1.57)	15	$p < 0.05$
Heavy (85 - 100%)	0.31 (0.13, 0.49)	121	
Volume			
Single	0.24 (0.37, 0.44)	95	$p < 0.05$
Multiple	0.66 (0.36, 0.95)	46	
Rest periods (min)			
< 2:00	0.17 (-0.23, 0.58)	24	$p < 0.05$
3 - 7	0.54 (0.31, 0.77)	75	
7 - 10	0.70 (0.10, 1.30)	11	
> 10	0.02 (-0.33, 0.38)	31	



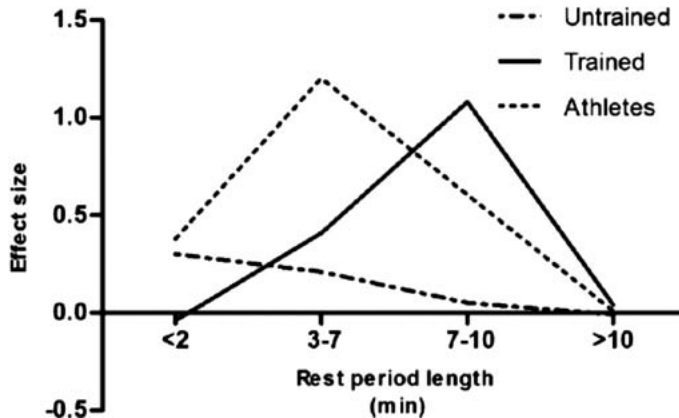


図5：3つのトレーニングレベルの実施者に対する休息時間の違い（2分未満，3－7分，7－10分）が活動後増強に及ぼす効果量の違い (Wilson, JM et.al 2013)

(effect size : 0.14) に分類され、年齢も25歳に満たない。また実験Ⅰで設定した休息時間1分では、増強効果の出現よりも、MVC発揮運動による疲労が強く残ってしまっていた可能性がある。一方、実験Ⅱの休息時間5分間でも疲労回復の時間が足りなかったか、その間の増強効果の消失も考えられる(図5)。また本研究における鉄柱を用いた方法では、増強刺激となるべき最大随意収縮に到達できていたかも明確ではなかった。さらにジュニア期の選手では、成人選手に比べ技術的に未熟であることから、等尺性収縮による特異的な筋力発揮の影響がスイング動作に及んだ可能性もある。奈良ら(2010)は小学生野球選手に小学生用より100g以上重い成人用バットでスイングをさせると、インパクト付近でバットヘッドのスピードが落ちる、いわゆる「肩の開きが早い」という現象が起きるなどの技術的な負の影響を示している<sup>(6)</sup>。このように繊細かつ複合動作である競技スキルに負荷をかけた形でのトレーニングは、即時的なパフォーマンス低下の危険性があるとも考えられる。

またNSCAでは先述のポジションステイトメントにおいて、青少年のレジスタンストレーニングにおける漸進について、初級者の負荷を50～70% 1RMに設定している<sup>(7)</sup>。負荷の加減速に伴う急激な力発揮や、偶発的な外力が作用しない点から比較的安全とされる等尺性運動とは

いえ、複雑な競技動作を模倣した形でMVCを発揮することは、特定の部位に収縮能力を超えた過剰な負荷をかけてしまっている可能性もある。先述の樋口らは、ワイヤーロープを用いた最大等尺性収縮運動では、被験者の肩関節への負担を考慮して捕手側の押し手(右打者の右手)の角度をバッティング開始動作である肩関節外旋位ではなく、前腕部が地面と平行の位置で肩関節をやや内旋させた肢位で水平方向に押すようにさせていた<sup>(3)</sup>。

## 5. まとめ

本研究において、ジュニア期の野球選手が最大努力による等尺性収縮運動(=MVC)の活動後増強の効果をBSVの向上という形で得ることはできなかった。先行研究の結果と照らし合わせてみてもジュニア期の選手が活動後増強の効果を十分に引き出すのは容易ではないと思われる。しかしながら、一部の被験者や個人間であっても日によって結果にばらつきが見られたため、休息時間を含む各種変量の調整や長期的実施により、最大等尺性収縮トレーニングによるMVC発揮の神経系の適応などを引き出せる可能性はある。また通常のレジスタンストレーニングと合わせて行えば、発育発達による成長以上に身体機能の向上が期待できるとも考えられる。しかし、ジュニア期の選手は様々な

面で未熟であり、体へ過剰な負荷や特異性などの影響を受ける危険性もあるため、細やかな指導と管理も必要だと考えている。

## 参考文献

1. Adair, R. K. The physics of baseball. 3rd ed. New York: Harper Publishers. 2002.
2. Breen, J. L. What makes a good hitter? J Health Phys. Educ. Recreation. 38: 36-39. 1967.
3. Higuchi T, Nagami T, Mizuguchi N, Anderson T. The acute and chronic effects of isometric contraction conditioning on baseball bat velocity. Journal of Strength and Conditioning Research, VOLUME 27 NUMBER 1, 216-222, 2013.
4. 平野裕一, 福永哲夫, 近藤正勝, 角田直也, 池川繁樹. 身体組成および体肢組成からみた野球選手の特性. J. J. Sport Sci. 6(11):712-719. 1989.
5. 笠原政志, 山本利春, 岩井美樹, 百武憲一, 森 実由樹, 大学野球選手のバットスイングスピードに影響を及ぼす因子. Strength & Conditioning Journal 2012. Volume 19, Number 6, pages 14-18.
6. 奈良 隆章, 船本 笑美子, 島田 一志, 川村 卓, 馬見塚 尚孝, 小学生野球選手における異なる形状のバットを用いた素振り動作のキネマティクス的研究, 金沢星稜大学人間科学研究/4 (1) /p.39-43, 2010-01
7. NSCA ポジションステイトメント: 青少年のレジスタンストレーニング. 2011.
8. Robert G. Lockie, Adrina Lazar, DeShaun L. Davis, Matthew R. Moreno. 活動後増強が直線スプリントと方向転換のスピードに及ぼす効果: ストレングス&コンディショニングコーチのための最新研究の分析と応用, NSCA JAPAN Journal, Volume 25, Number 3, 58-66, 2018.
9. Sahaly, R., H. Vandewalle, T. Driss, and H. Monod. Maximal voluntary force and rate of force development in humans- Importance of instruction. Eur. J. Appl. Physiol. 85: 345-350. 2001.
10. Sale DG. Postactivation Potentiation: Role in Human Performance, Exercise and Sport Sciences Reviews Volume 30, Number 3, 138-143, 2002.
11. Szymanski, D., J. DeRenne, C. Frank, Contributing factors for increased bat swing velocity. J Strength Con. Res. 23(4): 1338-1352. 2009.
12. 筒井大助, 船渡和男, 高橋流星. 野球競技におけるバッティング内容の比較とそれへの体格の影響—一流アマチュア野球 (647名) および日米プロ野球一軍選手 (598名) を対象として—. Journal of Training Science. 23(1): 45-55. 2011.
13. Wilson JM, Duncan NM, Marin PJ, Brown LE, Loenneke JP, Wilson SM, Jo E, Lowery RP, Ugrinowitsch C, Meta-analysis of postactivation potentiation and power: effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. Journal of Strength and Conditioning Research, Vol.27, Number 3, 854-859, 2013.